Journal of Agricultural Machinery
Vol. 9, No. 1, Spring - Summer 2019, p. 123-137

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۸، ص ۱۳۷-۱۲۳

تشخیص بی‌درنگ بطری‌های معیوب در خط تولید نوشابه با استفاده از ماشین‌بینایی

ولی رسولی شربیانی[1*] - امید فرهنگی[2] - ابراهیم تقی‌نژاد[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۵

چکیده

سامانه ماشین‌بینایی کاربرد مختلفی در صنعت دارد. در بسته‌بندی مواد سیالی چون روغن‌های مایع و انواع نوشیدنی‌ها (آب‌معدنی، نوشابه‌ها، آب‌میوه‌ها و غیره)، امکان نشت سیال به بیرون وجود دارد. بنابراین انجام عمل بازرسی بطری‌های حاوی سیال ازنظر عدم عیب در درپوش و حلقه آب‌بند، امری ضروری است. صحت اتصال برچسب نیز از حیث مشتری‌پسندی حائز اهمیت می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی یک سامانه بینایی بی‌درنگ برای بازرسی عیوب موجود بطری‌ها و درجه‌بندی آن‌ها در خطوط تولید است. روش اندازه‌گیری عیوب شامل تعیین فاصله و انطباق الگو بود. برای این اندازه‌گیری، یک دوربین، رایانه، تسمه نقاله، واحد جداساز به همراه نرم‌افزار Lab View استفاده شد. در این سامانه بی‌درنگ، تصمیم‌گیری بر اساس منطق بولین انجام شد و بطری سالم از معیوب جدا گردید. میانگین دقت کلی برای این سامانه ۹۵/۶٪ به‌دست آمد که آن به‌طور جداگانه برای بازرسی سطح مایع، درب بطری و صحت اتصال برچسب به‌ترتیب ۱۰۰، ۹۵ و ۹۰٪ حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: بسته‌بندی، بینایی ماشین، خط تولید، کنترل کیفیت، نوشابه

مقدمه

ماشین‌بینایی ابزاری است که برای کنترل بی‌درنگ کیفیت محصولات در خطوط تولید و صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مزیت چنین ابزاری، ارزیابی چندین پارامتر کیفی به‌صورت همزمان و بدون متوقف کردن فرآیند تولید می‌باشد. کیفیت یکی از عوامل مهم در بازاریابی محصولات غذایی است و در این میان سامانه جداساز که بتوانند این نقش را ایفا کنند، از اهمیت خاصی برخوردار هستند. سامانه بینایی ماشین برای کاربردهای بسیاری چون بازرسی سطحی عیوب (Islam *et al.*, 2012)، بازرسی بطری‌ها (Duan *et al.*, 2007; Kumar and Kannan, 2010; Younes *et al.*, 2011)، ورق‌های دارو (Mozina *et al.*, 2009) و برای تشخیص عیوب سیب‌زمینی (Jin *et al.*, 2009) به‌کار گرفته شد. هرگونه انحراف از پارامترهای کیفی مورد نظر باعث می‌شود تا محصول طی فرآیند بازرسی به‌عنوان محصول معیوب شناخته شود و از خط تولید خارج گردد (Abdelhedi *et al.*, 2012).

حفظ ایمنی و کیفیت محصول از لحظه تولید در کارخانه تا زمان مصرف، در گرو بسته‌بندی سالم و بی‌نقص آن محصول می‌باشد. به‌ویژه در بسته‌بندی مواد سیالی چون روغن‌های مایع و انواع نوشیدنی‌ها (آب‌معدنی، نوشابه‌ها، آب‌میوه‌ها و غیره) که امکان خروج و نشت سیال همواره وجود دارد انجام عمل بازرسی بطری‌های حاوی سیال از جمله آب‌بندی درپوش امری ضروری است. از سوی دیگر با گذر زمان و استهلاک دستگاه‌های پرکن و در نتیجه کاهش دقت این دستگاه‌ها، میزان سیال وارد شده به داخل بطری و به تبع آن سطح سیال موجود نیز تغییر می‌کند. پس کنترل سطح مایع موجود در بطری نیز یکی دیگر از پارامترهای کنترل کیفیت است که باید مد نظر قرار گیرد. پارامتر کیفی دیگر که کارخانه‌های معتبر از حیث مشتری‌پسندی محصول مد نظر قرار می‌دهند، قرارگیری صحیح برچسب بر روی محصول، درج خوانا و صحیح نوشته‌ها (تاریخ تولید، انقضا و غیره) است. بازرسی و کنترل تمام یا بخشی از این موارد به‌طور همزمان با روش سنتی (چشمی) کاری دشوار، خسته‌کننده، گاهی غیرممکن و پر خطا می‌باشد (Omidi *et al.*, 2012). بنابراین ضرورت بازرسی و کنترل کیفیت بسته یا بطری امری انکارناپذیر است که توسط سیستم‌های بینایی ماشین قابل‌اجرا است. ماشین بینایی به دلیل دقت و سرعت جداسازی و تشخیص بالا و نیز غیرمخرب بودن آن، جایگزین جداسازهای دستی شده است.

ساختار بیولوژیک و ارزیابی‌های کیفی و کمی مواد منجر به توسعه آزمایش‌های غیرمخرب در صنعت غذایی شده است که در این

---

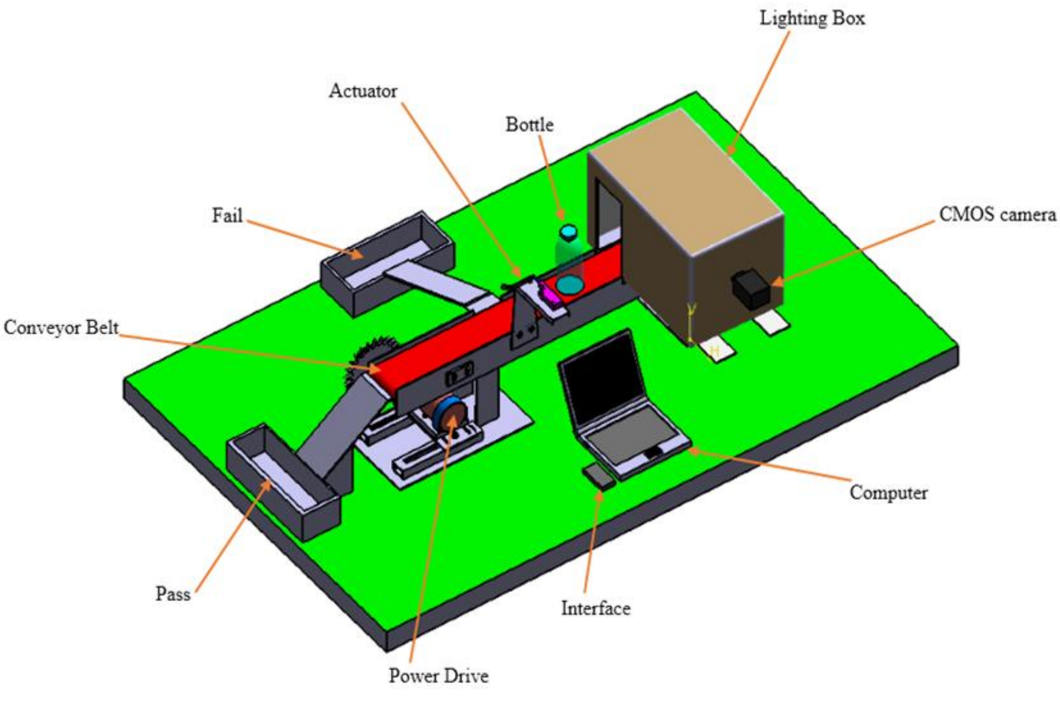
۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
۳- استادیار، رشته مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل
(* - نویسنده مسئول: Email: vrasooli@uma.ac.ir)
DOI: 10.22067/jam.v9i1.64834

میان پردازش تصویر جایگاه ویژه‌ای دارد. پردازش تصویر شامل چهار مرحله است (Bennedsen and Peterson, 2005; Fehr and Gerrish, 1995; Guyer and Yang, 2000): ۱) تهیه یا دریافت تصاویر ۲) عملیات پیش‌پردازش و بهبود تصاویر دریافتی ۳) بخش‌بندی و استخراج ویژگی‌ها ۴) کلاس‌بندی و دسته‌بندی و تشخیص عیوب بر اساس ویژگی‌های استخراج شده. تاکنون محققان از ماشین بینایی برای کنترل بی‌درنگ در درجه‌بندی و جداسازی محصولات مختلف کشاورزی ازجمله کیوی (Yousefdad *et al.*, 2014)، انار (Blasco *et al.*, 2009)، خرما (Al Ohali, 2011; Manickavasagan *et al.*, 2014)، خرمالو (KheyrAlipour *et al.*, 2014)، بادام (Teymori *et al.*, 2015)، سیب‌زمینی (Azizi *et al.*, 2016)، هلو (AhmadKhani *et al.*, 2014)، خیار (Kheiralipour and Pormah, 2017)، انبه (Khan *et al.*, 2017)، قهوه (Avendano *et al.*, 2017)، گوجه فرنگی (Jinshi *et al.*, 2017) و پسته (Nouri-Ahmadabadi *et al.*, 2017) استفاده کرده‌اند.

در مقاله حاضر، هدف ارائه یک سیستم مبتنی بر بینایی ماشین برای تخمین کالاهای معیوب در خط تولید کارخانه‌های مواد غذایی (مطالعه موردی برای نوشابه) است. بررسی منابع مختلف نشان داد که تاکنون پژوهشی در کشور برای بررسی بی‌درنگ خط تولید نوشابه برای جداسازی بطری‌های معیوب با استفاده از ماشین‌بینایی انجام نشده است. لذا، هدف این تحقیق کنترل بی‌درنگ کیفیت بطری‌های حاوی مایع از لحاظ عیوب (بدون درب، درب نیمه بسته) مربوط به درپوش، اتصال حلقه‌ی آب‌بند به درپوش، سطح مایع و صحت قرارگیری برچسب تولیدکننده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور اجرای پروژه و کنترل عملی کیفیت بطری‌های حاوی مایع، خط تولیدی مطابق شکل ۱ در مقیاس آزمایشگاهی طراحی و ساخته شد. کیفیت بطری‌ها مربوط به اتصال حلقه‌ی آب‌بند به درپوش، سطح مایع و صحت قرارگیری برچسب بر بطری است (شکل ۲). نمونه‌ها از بطری‌های ۳۰۰ cc نوشابه مشکی، برند کوکاکولا انتخاب گردید. در این خط تولید نمونه مورد بررسی بر روی تسمه نقاله حرکت کرده، از داخل محفظه نورپردازی و سیستم تصویربرداری می‌گذرد. تصاویر گرفته شده به‌صورت بی‌درنگ وارد نرم‌افزار شده و با انجام پردازش بر روی داده‌های اخذ شده تصمیم به تأیید یا رد کیفیت نمونه‌ها گرفته می‌شود، نهایتاً به نمونه‌های سالم اجازه عبور داده شده و نمونه‌های معیوب توسط باله متصل به عملگر خطی از خط تولید کنار زده می‌شود. سامانه کنترل کیفیت بطری‌ها شامل دو بخش اصلی بوده که در ادامه تشریح خواهد شد.



شکل ۱– نمای شماتیک سامانه ماشین بینایی

Fig. 1. Schematic view of the machine vision system



الف. عیوب درب

(a) Cap defects



ب. عیوب سطح مایع

(b) Liquidlevel defects



ج. عیوب برچسب

(c) Label defects

شکل ۲- عیوب‌های رایج برای بازرسی بطری

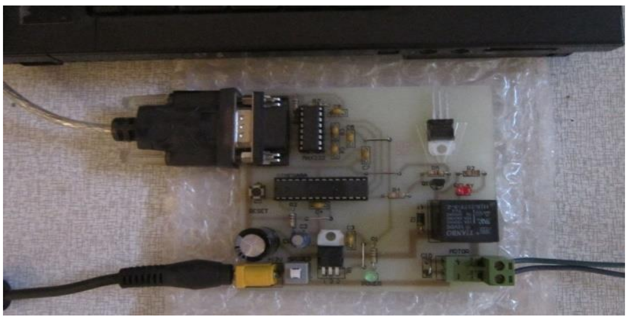
Fig. 2. Common defects for bottle inspection

سخت‌افزار سیستم

اجزای سخت‌افزاری شامل سامانه انتقال، عملگر، محفظه نورپردازی و دوربین است. سامانه انتقال دارای سطوح مختلف سرعت و لرزش کم (به‌منظور جلوگیری از تلاطم مایع درون بطری) می‌باشد. از تسمه نقاله به طول ۱۱۵ cm و عرض ۶ cm با جنس برزنت استفاده شد. قابلیت تنظیم میزان سفتی (کشش) و سرعت تسمه نقاله بر روی شاسی وجود دارد. دوران تسمه توسط موتور DC (۱۲ v و W ۴۰) صورت گرفت. به‌منظور تنظیم زنجیر چرخ و استفاده از تمامی سطوح سرعت، امکان حرکت موتور در راستای عمودی و افقی با حرکت در داخل ریل‌ها ایجاد شد. این سیستم انتقال دارای ۱۴ سطح سرعت (۲ سرعت مربوط به موتور و ۷ سرعت مربوط به توپی) می‌باشد.

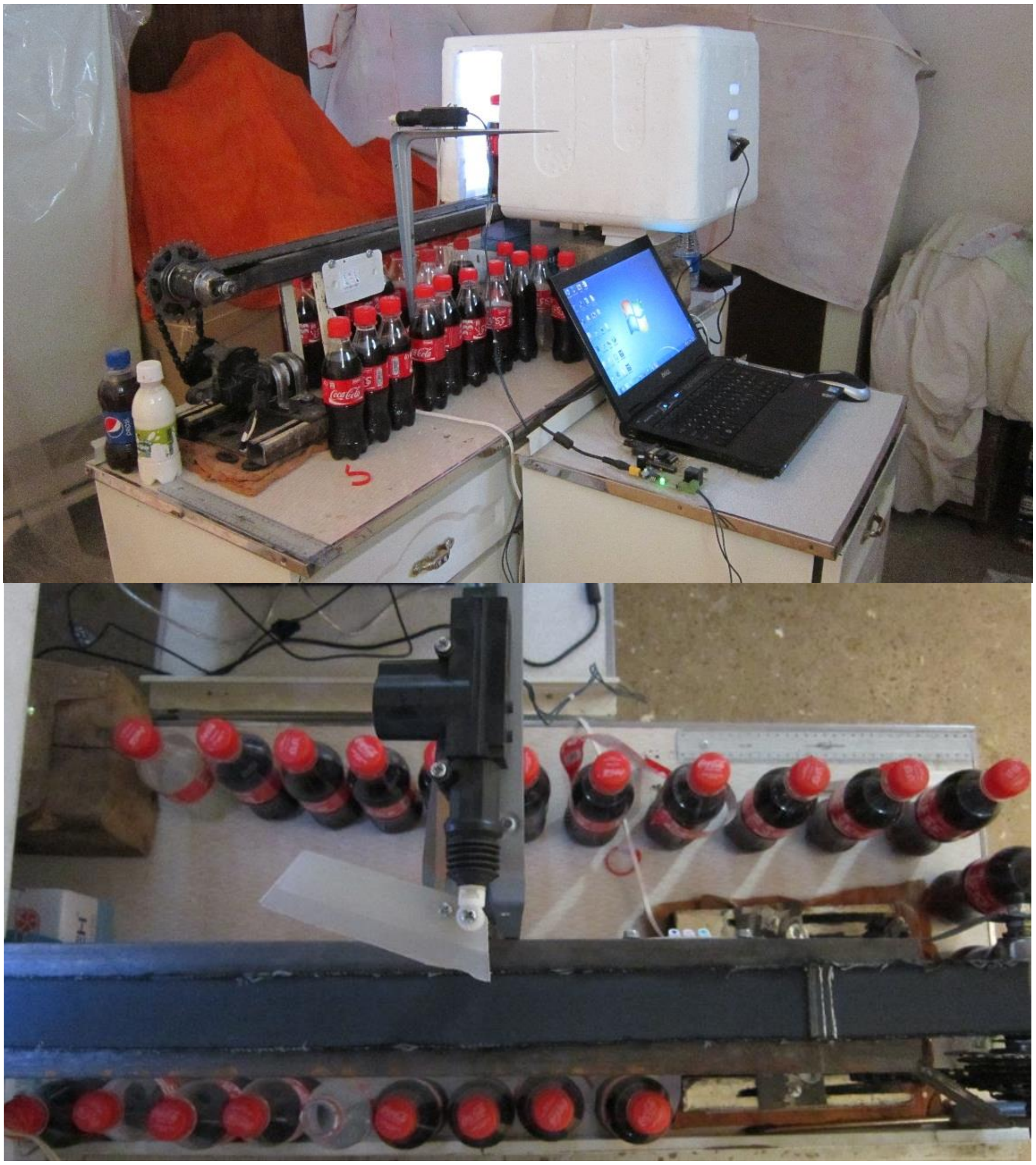
عملگر

پس از انجام عملیات پردازش توسط سامانه بینایی و تشخیص نمونه‌ها، اجازه عبور نمونه‌های معیوب از خط تولید داده نمی‌شود. بدین منظور از یک عملگر خطی استفاده شد که آن شامل باله، موتور خطی و مکانیسم دینامیکی می‌باشد. باله از جنس پلاستیک فشرده به شکل ذوزنقه‌ای انتخاب شد تا استحکام و درجه آزادی کافی را برای طراحی مکانیسم روی آن و خروج بطری از خط تولید داشته باشد. بندواره دینامیکی حرکت خطی موتور را به حرکت نیمه دورانی تبدیل کرده و نمونه را از خط تولید کنار می‌زند و آن برای انواع بطری با ابعاد و اندازه‌های متفاوت نیز قابل‌استفاده می‌باشد. در این تحقیق مطابق شکل ۳، از رابط پردازنده و عملگر و به‌صورت ارتباط یک طرفه از رایانه به عملگر توسط کابل RS-232 استفاده شد که از آن برای اجرای فرمان جهت به حرکت درآوردن باله و خروج نمونه معیوب از خط تولید استفاده می‌گردد.



شکل ۳- رابط کاربری بین کامپیوتر و عملگر

Fig. 3. Interface use between computer and acuter



شکل ٤– نمای کامل سامانه ماشین بینایی برای بازرسی بطری‌های معیوب

Fig. 4. Complete view of machine vision system for inspection of defect bottles

سیستم بینایی و محفظه نورپردازی

نمای کامل سیستم بینایی و اجزای تشکیل‌دهنده آن در شکل ۴، به وضوح قابل مشاهده است.

بخش سیستم بینایی از یک دوربین دیجیتال CMOS[1] با کیفیت HD و با قدرت وضوح[2] معادل ۵ مگاپیکسل تشکیل شد. برای منبع نور از نوار SMD با سطح روشنایی Ultra Bright در پس‌زمینه محصول از پشت یک صفحه کاغذ کالک، برای نورپردازی غیرمستقیم مورد استفاده قرار گرفت. این نورپردازی در جهت کمک به بهبود تشخیص سطح مایع و درپوش بطری کاربرد دارد. در حالی‌که تواما نورپردازی غیرمستقیم از روبه‌رو در این‌گونه تحقیق‌ها باعث کاهش میزان سایه در تصویر می‌شود اما در این تحقیق نورپردازی از روبرو مورد استفاده قرار نگرفت چرا که این نورپردازی باعث کاهش تضاد[3] لبه‌ها در تصاویر خواهد شد. جهت کاهش شدت روشنایی در داخل محفظه و

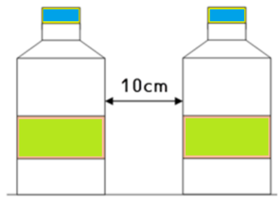
1- Complementary Metal–Oxide–Semiconductor
2- Resolution
3- Contrast

افزایش تضاد تصاویر، سقف محفظه با مقوای مشکی پوشانده شد. محفظه نورپردازی دارای جنس یونولیت، سفید رنگ و در ابعاد ۵۳ ×۳۳ ×۳۳ بود. نور از نوع سفید و جهت نورپردازی از قسمت فوقانی و کناره‌های محفظه و به‌صورت یکنواخت استفاده می‌گردید.

محل استقرار دوربین با توجه به ارتفاع نمونه در ۱۵ cm بالای کف محفظه قرار گرفت.

سیکل زمان

سیکل زمانی به‌عنوان مدت زمان تأخیر در دریافت ۲ عکس متوالی تعریف می‌شود. d؛ فاصله بین دو بطری متوالی (شکل ۵) و V؛ سرعت حرکت می‌باشد. T_{sycle} ؛ سیکل زمانی با استفاده از رابطه (۱) به دست می‌آید (Abdelhedi *et al.*, 2012).



شکل ۵– فاصله بین دو شیشه بر تسمه نقاله

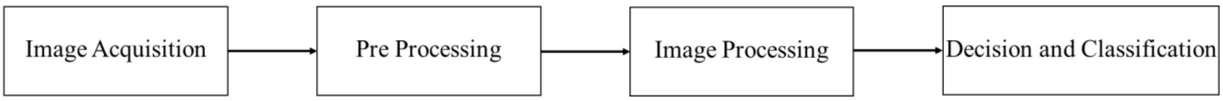
Fig. 5. Distance between two bottles on conveyor belt

$$T_{sycle} = d/v \quad (۱)$$

برای d=10cm و $v=20cm\ s^{-1}$، $T_{sycle}=0.5$ ثانیه می‌باشد، یعنی ۲ تصویر یا فریم در ثانیه درحالی‌که دوربین مورد استفاده امکان ۳۰ فریم در ثانیه را داراست یعنی هر ۳۰ ms یک تصویر گرفته می‌شود. این محاسبه ساده به منظور تعیین حداقل نرخ تصویربرداری (fps)، جهت انتخاب دوربین مناسب با توجه به سرعت حرکت نقاله و فاصله تغذیه می‌باشد.

نرم‌افزار سیستم

نرم‌افزار LabVIEW 2011 برای برنامه‌نویسی و اجرای الگوریتم انتخاب شد. لب ویو یک زبان برنامه‌نویسی گرافیکی است که قلب آن را زبان G تشکیل می‌دهد. برای دریافت تصاویر و الگوریتم‌نویسی از زیر پالت‌های Vision Acquisition، Vision Assistant و Programing جهت توسعه الگوریتم بازرسی بطری و به‌منظور ارتباط با پورت سریال و در نتیجه عملگر، از زیر پالت Instrument I/O موجود در تابع Functions، استفاده شد. شکل ۶، بازرسی خودکار محصولات در سیستم‌های بینایی ماشین در حالت کلی را نشان می‌دهد.



شکل ٦– مراحل کامل بازرسی نمونه‌ها با استفاده از سامانه بینایی ماشین

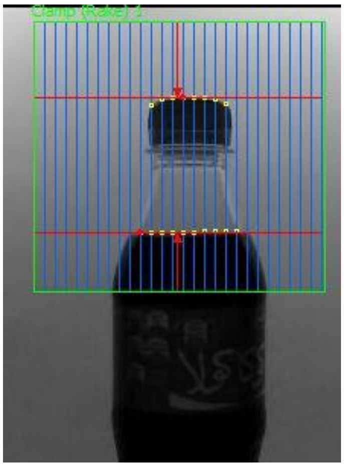
Fig. 6. Complete stages of sample inspection using machine vision system

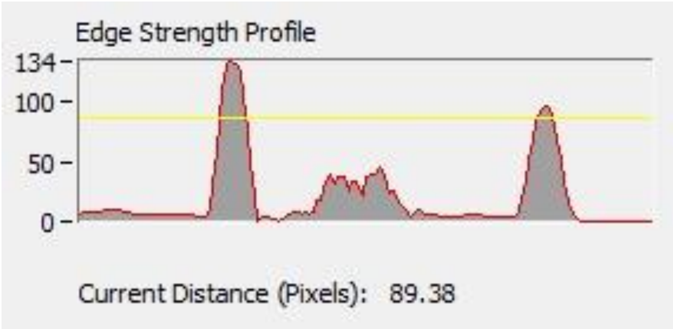
به‌منظور آماده‌سازی داده‌ها جهت پردازش و استخراج ویژگی‌های مورد نظر، بایستی عملیات پیش‌پردازش بر روی تصاویر اخذ شده انجام شود. بدین منظور دوربین به‌طور پیوسته از بطری‌های عبوری از روی نوار نقاله با نرخ ۳۰ fps تصویربرداری کرده و آخرین تصویر گرفته شده جهت پردازش وارد الگوریتم می‌گردد.

روش‌های بازرسی عیب

تکنیک‌های مفید بسیار زیادی جهت پردازش تصویر در بازرسی با بینایی ماشین وجود دارد. از جمله روش‌هایی که در این تحقیق جهت کنترل کیفیت و بازرسی بطری‌ها مورد استفاده قرار گرفت، شامل انطباق و شناسایی الگو و تکنیک‌های آستانه‌گیری می‌باشد. انتخاب نوع تکنیک به نوع بازرسی و کاربرد بستگی دارد. جهت تشخیص عیوب مربوط به سطح مایع و برچسپ بطری از الگوریتم لبه‌یابی[1] و عیوب درب بطری از الگوریتم انطباق الگو[2] استفاده گردید. بدین منظور دوربین به‌طور پیوسته از بطری‌های عبوری بر نوار نقاله تصویربرداری کرده و تصویر در قالب MJPG و به‌صورت RGB اخذ می‌گردد. در این مرحله تصویر به‌صورت خاکستری (gray scale) تبدیل کرده و جهت کاهش زمان پردازش بخش‌هایی از تصویر را که خارج از ناحیه هدف[3] بود، ماسک[4] گردید.

1- Edge detection
2- Pattern matching
3- ROI
4- Mask

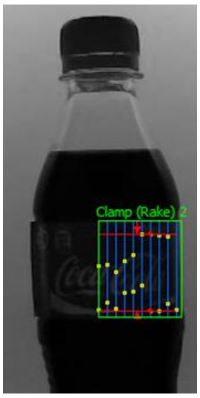


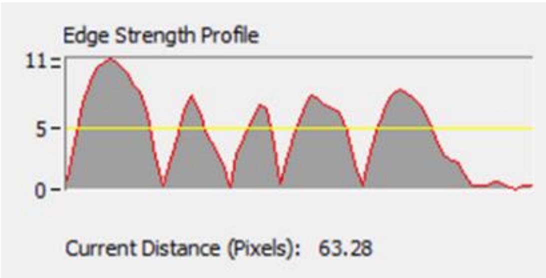


الف- لبه‌یاب سطح مایع
(a) Liquid level edge detection

ب- هیستوگرام لبه‌یاب سطح مایع
(b) Liquid level edge detection histogram

شکل ۷- پیدا کردن بی‌درنگ سطح مایع
Fig. 7. Online detection of liquid level edge





الف) تشخیص برچسب
(a) Label detection

ب) هیستوگرام تشخیص برچسب
(b) Label detection histogram

شکل ۸- تشخیص بی‌درنگ جابه‌جایی برچسب
Fig. 8. Online detection of label placement

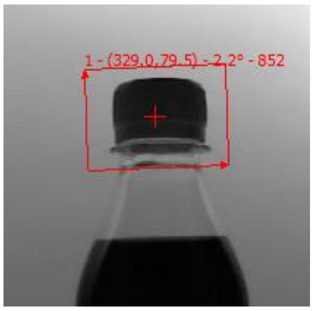
در مرحله پردازش تصویر برای تشخیص سطح مایع ابتدا ناحیه‌هدف را تعیین کرده و سپس از تابع Clamp (Rake) استفاده شد. تابع Clamp در ناحیه مورد نظر لبه‌های هدف را یافته و فاصله بین نقاط مخالف در لبه‌های موجود را اندازه‌گیری می‌کند، لبه‌ها با استخراج نقاط آبجکت در ناحیه هدف (ROI) و تجزیه و تحلیل شکل و هندسه آنها تعیین می‌شود. این تابع حد فاصل بین لبه‌ها را بر اساس پیکسل ارائه می‌دهد که در صورت داشتن مقیاس استاندارد قابلیت کالیبراسیون و ارائه فاصله بر حسب واحدهای متریک (mm –cm) وجود دارد. سطح مایع نسبت به درب بطری سنجیده می‌شد و این تابع حداکثر فاصله میان لبه‌های جدا از هم آبجکت را برحسب پیکسل ارائه می‌داد و به همین دلیل مناسب‌ترین تابع جهت تعیین فاصله، تشخیص داده شد. میزان حساسیت در تشخیص لبه‌ها (Edge Strength) همان مقدار آستانه است که برابر ۸۶ قرار گرفت و نتیجه تشخیص سطح مایع به‌صورت شکل ۷ آشکار شد. از آنجایی‌که خروجی تابع بر حسب پیکسل در اختیار ما قرار می‌گرفت با استفاده از Case structure (معادل حلقه If) و مقایسه با مقدار دلخواه به تأیید میزان مناسب سطح مایع یا رد آن تصمیم گرفته می‌شود.

مطابق شکل ۸، به‌منظور بررسی وجود و اتصال صحیح برچسب بر روی بطری پس از تعیین ناحیه هدف، ۲ بار از تابع Clamp (Rake) استفاده شد که تابع اول جهت تشخیص اتصال افقی صحیح و تابع دوم به‌منظور تشخیص بطری‌های بدون برچسب اعمال گردید. میزان آستانه برای تابع اول برابر ۴۶ و برای تابع دوم ۲۳ اعمال شد.

ازآنجایی‌که خروجی این تابع به‌صورت پیکسل ارائه می‌شود در

یک Case structure خروجی هر دو تابع به هم وابسته شد تا هر دو، یک پارامتر یعنی صحت یا عدم صحت قرارگیری برچسب را به‌طور واحد گزارش کنند. به‌طور مثال در اینجا هرگونه افزایش اندازه از مقدار ۱۲۵ پیکسل به منزله عیب در برچسب محسوب می‌شود. در تابع دوم که به‌منظور تشخیص عدم وجود برچسب استفاده شد درصورتی‌که خروجی برابر صفر پیکسل باشد به منزله عدم وجود برچسب خواهد بود و در غیر این صورت به منزله وجود برچسب و بررسی صحت قرارگیری آن به کمک تابع اول است.

جهت کنترل و بازرسی درب بطری از الگوریتم انطباق استفاده شد (شکل ۹). پیاده‌سازی الگوریتم مورد نظر منتج به تشخیص و پیگیری شیء[1] به‌صورت بی‌درنگ و مؤثر گردید. تصویر خاکستری پس از ماسک شدن و تعیین ناحیه هدف به‌عنوان ورودی تابع pattern matching قرار گرفت و یک الگوی معیار از تصویر (در اینجا درب سالم بطری) به‌عنوان مبنای مقایسه تعریف و انتخاب شد و بالاترین امتیاز یعنی ۱۰۰۰ را اخذ کرد. سپس مقدار زاویه مجاز برای چرخش تصویر و مقایسه با معیار برابر از ۴۵- تا ۴۵+ درجه تعریف شد. حداقل امتیاز انطباق تصویر ورودی با تصویر معیار، با آزمون و خطا ۸۳۰ انتخاب شد و تصاویری که کمتر از این امتیاز را اخذ کرده‌اند دارای درب معیوب بوده‌اند. در صورت وجود بیش از یک تصویر منطبق با الگو، معیار در تصویر باز هم قابلیت شناسایی وجود دارد و تعیین تعداد انطباق‌ها دارای آرگومان کنترلی می‌باشد. درب سالم بطری توسط برنامه تشخیص و به‌صورت تشخیص شیء[2] با جابه‌جایی بطری بر روی نوار نقاله از سمت راست به چپ تصویر دنبال می‌شود.



شکل ۹– الگوی مرجع و نتیجه تشخیص آن

Fig. 9. Reference pattern and its recognition result

الگوریتم کلی بازرسی بطری

برای کاهش زمان پردازش، تصویر به ۴ ناحیه هدف[3] تقسیم شد و بخش‌هایی از تصویر را که خارج از ناحیه هدف بود، ماسک گردید. این تابع باعث می‌شود تا هیچ پردازشی در نواحی ماسک شده صورت نگیرد. ناحیه اول به‌عنوان حسگر تشخیص‌دهنده وجود بطری، ناحیه دوم مربوط به بازرسی درپوش، ناحیه سوم مربوط به بازرسی سطح مایع و ناحیه چهارم مربوط به بازرسی برچسب بطری است. بخش‌های مختلف الگوریتم تشخیص مربوط به بسته بودن درپوش بطری، سطح مایع و برچسب در نمودار روند نمای شکل ۱۰ نشان داده شده است. بنابراین گام‌های تشخیص سالم بودن درپوش، سطح مایع و برچسب به‌صورت زیر می‌باشند:

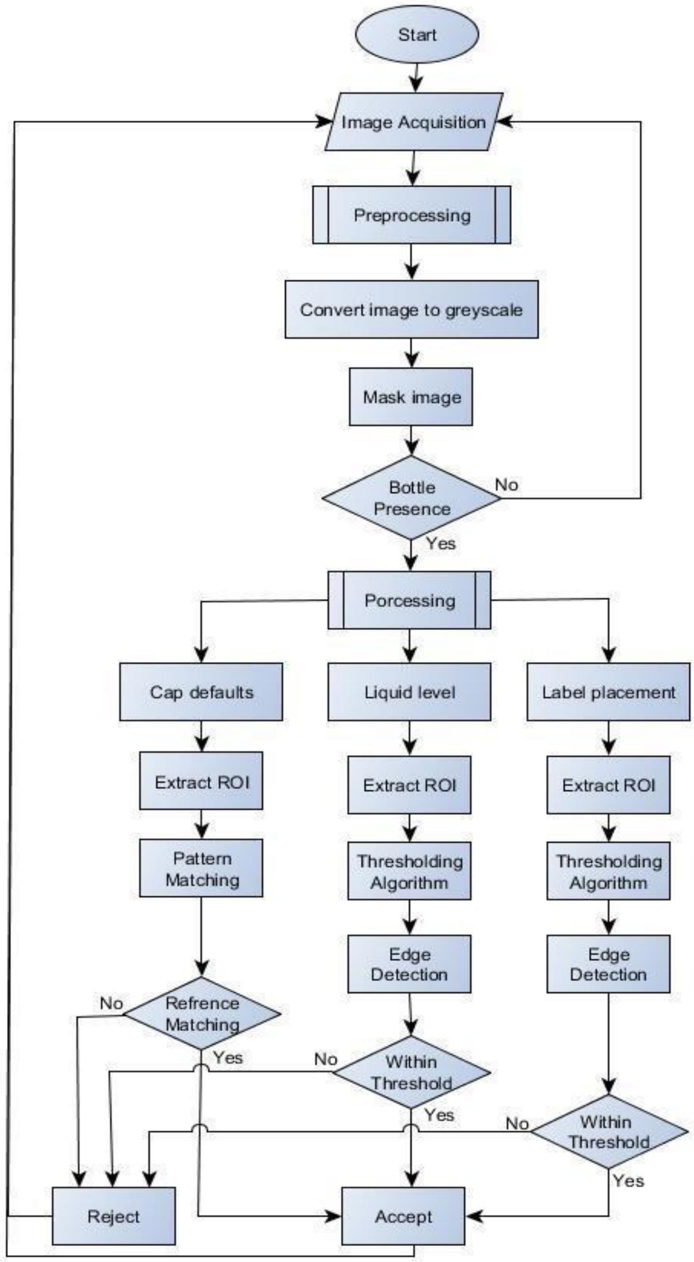
۱. دریافت تصویر از دوربین جهت پردازش، ۲. ناحیه تشخیص‌دهنده‌ی وجود بطری، ۳. استخراج ناحیه‌های هدف[4]، ۴. لبه‌یابی و محاسبه آستانه‌های مربوطه، ۵. مقایسه مقدار یافته‌شده برای نواحی آستانه‌گیری شده با مقدار استاندارد یا مد نظر کاربر، ۶. تشخیص و مقایسه درب بطری با تصویر معیار و تعیین تعداد انطباق‌ها، ۷. تصمیم‌گیری درباره کیفیت بطری بر اساس هر سه پارامتر.

تصمیم‌گیری درباره بازرسی و کنترل کیفیت بطری‌ها بر اساس منطق بولین و به‌صورت صفر (بطری معیوب) و یک (بطری سالم) صورت می‌گیرد. این مقادیر از طریق پورت سریال RS232 به اینترفیس ارسال و عملگر خط تولید را کنترل می‌کند. تنها زمانی که خروجی برنامه صفر شود اجازه برقراری لحظه‌ای جریان برق به عملگر و راه‌اندازی باله را می‌دهد.

نتایج و بحث

به‌منظور انجام آزمایش و اندازه‌گیری دقت الگوریتم بینایی از بطری‌های ۳۰۰ cc نوشابه مشکی استفاده گردید. نمونه‌ها بر روی تسمه نقاله برای عبور از محفظه نورپردازی و عکس‌برداری قرار می‌گرفت. بعد از عکس‌برداری بی‌درنگ، ابتدا قسمت‌های ناخواسته تصویر ماسک شده و سپس با تعیین ناحیه هدف درب بطری تشخیص داده می‌شود بعد از آن به‌منظور کنترل سطح مایع از تابع Clamp استفاده می‌گردد. در مرحله بعد با استفاده از همین تابع، وجود برچسب بر روی بطری بررسی خواهد شد و نهایتاً در دو مرحله باقی‌مانده صحت اتصال برچسب بر روی بطری بازرسی خواهد شد.

1- object tracking
2- Object tracking
3- ROI
4- Region of interest



شکل ۱۰– نمودار روندنما برای بازرسی عیوب درپوش، سطح مایع و جابه‌جایی برچسب

Fig. 10. Flowchart for inspection of cap default, liquid level and label placement

برای تعیین فاصله مناسب تغذیه و حداکثر سرعت مناسب نقاله، بطری‌ها در سه سطح سرعت ۱۲، ۱۵ و ۲۰ $cm\ s^{-1}$ بر روی تسمه نقاله از مقابل دوربین عبور داده شد، شدت روشنایی ثابت و تصاویر به‌دست‌آمده از دوربین با کیفیت و دارای شفافیت خوبی بودند. فاصله تغذیه ۱۰ سانتی‌متر به‌عنوان عامل تعیین‌کننده در الگوریتم کلی سامانه در نظر گرفته شد. بدین ترتیب با توجه به ناحیه هدف تعریف شده در الگوریتم، فاصله تغذیه صحیح ۱۰ سانتی‌متر و سرعت مناسب تسمه نقاله ۲۰ سانتی‌متر بر ثانیه به‌دست آمد. در سرعت‌های بالاتر تصاویر دریافتی دچار محو شدگی[1] می‌شد. زمان سیکل دوربین برابر ۵۰۰ ms (۲ فریم در ثانیه) به‌دست آمد که با توجه زمان (۳۰ ms – یا نرخ ۳۰ فریم در ثانیه) دوربین مناسب جهت تصویر برداری انتخاب شد.

1- Image blurring

در بررسی عیوب احتمالی در بطری‌ها سعی شد تا عیوب متداول در خط تولید، مربوط به هریک از پارامترها (درب، سطح مایع و برچسب) ایجاد و تشخیص داده شود. به‌منظور تعیین میزان دقت الگوریتم در بازرسی عیوب، برای هریک از پارامترهای عیوب ۲۰ تکرار انجام شد و در مقابل دوربین قرار گرفت. عیوب مربوط به درب بطری در چهار مورد تعریف شد که شامل عدم وجود حلقه آب‌بند، اتصال ناقص حلقه آب‌بند، عدم وجود درب، درب نیمه بسته بود. با توجه به جدول ۱ دقت کلی الگوریتم بازرسی درب بطری برابر ۹۵٪ است و همان‌طور که کیفیت بطری‌ها بر اساس چهار مورد اول بازرسی و کنترل شد، نتیجه مطلوب ۱۰۰٪ به‌دست آمد اما در مورد اتصال ناقص حلقه آب‌بند، نتیجه قابل قبول مشاهده نشد. فاصله مناسب تغذیه در بالاترین سرعت نقاله ($۲۰ \ cm \ s^{-1}$) برابر ۸ cm تعیین شد. بنابراین در صورتی‌که بطری، تنها بر اساس درب آن بازرسی شود ظرفیت عملی سامانه بینایی برابر ۹۰۰۰ بطری در ساعت خواهد بود.

عیوب مربوط به سطح مایع شامل بطری خالی، ۱۸ cc، ۳۶ cc، بزرگ‌تر از ۵۵ cc، کمتر از مقدار استاندارد بطری (۳۰۰ cc) تعریف شد. در برچسب روی بطری‌ها، مقدار مجاز تحدی از حجم ۳۰۰cc به میزان ۳٪ (معادل ۹ cc) اعلام شده است، که به‌منظور جلوگیری از تاثیر احتمالی تلاطم مایع و اثرگذاری آن بر تشخیص صحیح، این حد مجاز، ۲ برابر (۶٪ معادل ۱۸ cc) در کمترین سطح، در نظر گرفته شد. نتایج جدول ۲ دقت ۱۰۰٪ را برای تشخیص و بازرسی سطح مایع بر اساس خصوصیت فاصله و استفاده از تابع Clamp (Rake) نشان داد. بدین ترتیب دقت الگوریتم در بازرسی سطح مایع برابر ۱۰۰٪ به‌دست آمد. فاصله مناسب تغذیه با توجه به ناحیه هدف (ROI)، ۸ cm تعیین شد. حداکثر سرعت نقاله $۲۰ \ cm \ s^{-1}$ بود، بنابراین درصورتی‌که بخواهیم بطری‌ها را فقط بر اساس سطح مایع بازرسی کنیم، ظرفیت عملی الگوریتم برابر ۹۰۰۰ بطری در ساعت خواهد بود.

جدول ۱– دقت الگوریتم تشخیص درپوش در تشخیص عیب

Table 1– Accuracy of cap detection algorithm in defect detection

Cap grading	System		Accuracy (%)
	Correct	Incorrect	
Healthy	20	0	100
No cap	20	0	100
Half-open	20	0	100
No sealing ring	20	0	100
Bad sealing ring connection	15	5	75

جدول ۲– دقت الگوریتم تشخیص سطح مایع در تشخیص عیب

Table 2– Accuracy of liquid level inspection algorithm in defect detection

Liquid level grading	System		Accuracy (%)
	Correct	Incorrect	
Standard	20	0	100
-18cc	20	0	100
-36cc	20	0	100
-55cc	20	0	100
Empty bottle	20	0	100

عیوب مربوط به برچسب بطری شامل بطری بدون برچسب، برچسب بازشده و اتصال ناقص برچسب بود. با توجه به جدول ۳ میانگین دقت کلی الگوریتم بازرسی برچسب برابر ۹۲/۵٪ به‌دست آمد. الگوریتم در تشخیص بطری‌های بدون برچسب و نمونه‌هایی با اتصال ناقص برچسب عملکردی مطلوب (۱۰۰٪) داشته و هیچ خطایی مشاهده نشد. عدم‌تشخیص در نمونه‌های برچسب بازشده می‌تواند به دلیل نبودن اختلاف آشکار در کنتراست بین نمونه و پس‌زمینه باشد. فاصله مناسب تغذیه با توجه به ناحیه هدف (ROI)، ۱۰cm تعیین شد. بنابراین درصورتی‌که بخواهیم بطری‌ها را فقط بر اساس برچسب، بازرسی کنیم ظرفیت عملی الگوریتم برابر ۱۲۰ بطری در دقیقه یا ۷۲۰۰ بطری در ساعت خواهد بود.

جدول ۳- دقت الگوریتم تشخیص جابه‌جایی برچسب در تشخیص عیب

Table 3– Accuracy of label placement inspection algorithm in defect detection

Label placement grading	System		Accuracy (%)
	Correct	Incorrect	
Standard	20	0	100
No label	20	0	100
Bad label	20	0	100
Worn-out label	14	6	70

الگوریتم کلی بازرسی بطری

در این الگوریتم تمامی عیوب تعریف شده در هر کدام از پارامترهای درب، سطح مایع و برچسب به‌صورت هم‌زمان و جامع مورد بازرسی و کنترل قرار گرفتند که شامل هر ۱۲ مورد تعریف شده به‌عنوان عیب، به علاوه نمونه سالم، یعنی در کل بازرسی ۱۳ مورد بود. نتایج حاصل از انجام آزمایش‌ها در جدول ۴ نشان داده شده است.

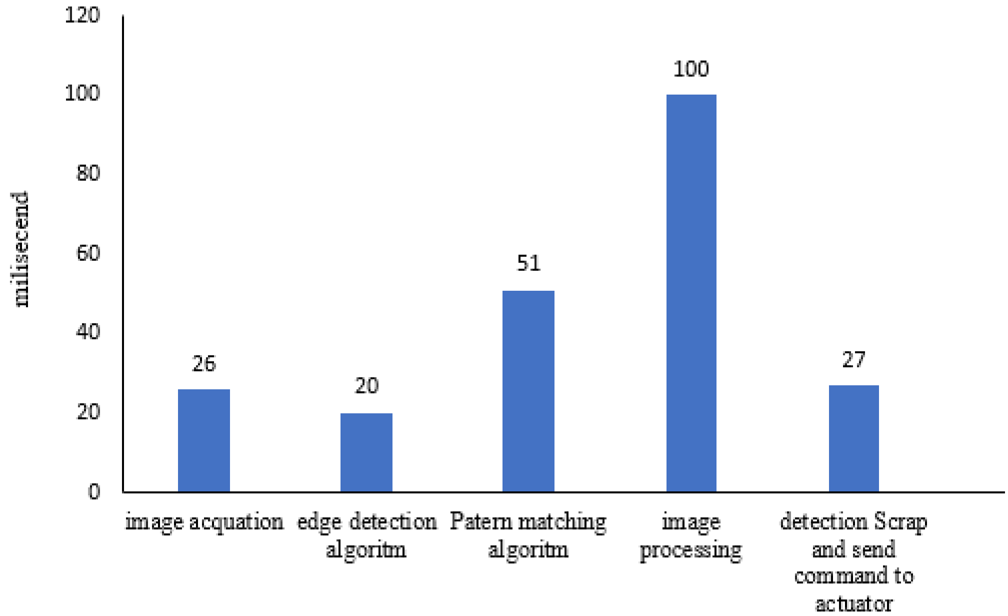
جدول ٤- دقت بازرسی هر پارامتر کیفی

Table 4– Inspection accuracy of each quality parameter

Grading type	Expert		System		Accuracy (%)
	Std.	Non-Std.	Correct	Incorrect	
Liquid level	20	80	100	0	100
Cap defaults	20	80	94	6	95
Label placement	20	60	72	8	90
Total					95

طبق نتایج جدول ۴ بالاترین دقت سامانه مربوط به تشخیص سطح مایع و کمترین آن مربوط به تشخیص برچسب بود و میانگین دقت کلی سامانه بینایی برابر ۹۵٪ به‌دست آمد. در نهایت عملکرد سیستم با این فرض که عیب در یک طرف بطری باشد تجزیه و تحلیل شد. هرچند تنها ۳ مورد (اتصال ناقص حلقه آب‌بند، برچسب باز شده، برچسب با اتصال ناقص) از ۱۳ مورد عیب مورد بازرسی نیاز به دیده شدن از هر دو سمت دارد و ۱۰ مورد باقی‌مانده تنها با دید از یک طرف به‌طور کامل قابل بازرسی است. موارد عدم تشخیص عیب در بطری‌های معیوب (نمونه با برچسب باز شده، حلقه آب‌بند باز شده) مربوط به عدم کنتراست کافی بین آبجکت و پس‌زمینه می‌باشد. شکل ۱۱، زمان پردازش مربوط به هر بخش از برنامه لب‌ویو را نشان می‌دهد. این زمان‌ها با استفاده از تفاضل زمان اجرای ساختارهای حلقه در داخل و خارج از حلقه (مبنا) در لب‌ویو استخراج شد. زمان مورد نیاز برای استخراج ویژگی‌ها، از تصویر و سپس ارسال نتیجه به عملگر به‌ترتیب برابر ۱۰۰ و ۲۷ ms بود. ارسال داده نهایی (۰-۱) با پورت RS232 و حداکثر Baud rate (۹۶۰۰bps) و به‌صورت ۸ بیتی انجام گرفت، دریافت تصاویر از دوربین با سرعت بارگذاری ۱Mbps و با نرخ ۳۰fps به‌دست آمد.

در صورت استفاده از دو دوربین، یکی برای بازرسی درب و دیگری برای بازرسی سطح مایع و برچسب میزان دقت و تشخیص عیوب بهبود خواهد یافت. همچنین واحد پردازنده (رایانه همراه) دو هسته‌ای و دارای رم ۴ گیگ بود و در صورت استفاده از سیستم با هسته‌های بالاتر این زمان به مراتب کاهش خواهد یافت. این نتایج با گزارش‌های منتشر شده توسط دیگر محققان در زمینه به‌کارگیری ماشین بینایی، سازگار است. Duan و همکاران (۲۰۰۷) دقت ۹۷٪ را برای بازرسی دیواره و انتهای بطری‌های شیشه‌ای آب‌جو اعلام داشتند. Tachwali و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیق خود که تحت عنوان سیستم خودکار طبقه‌بندی چندمرحله‌ای برای بازیافت بطری‌های پلاستیکی انجام دادند، دقت ۸۶/۶۷٪ برای دسته‌بندی بطری‌های شفاف (بی‌رنگ) بر اساس رنگ و دقت ۹۶/۶۷٪ را در دسته‌بندی بر اساس نوع پلاستیک به‌دست آوردند. نتایج حاصل شده توسط Zhang و همکاران (۲۰۰۹) دقت بالای ۹۴/۹٪ را برای تشخیص رسیدگی گوجه‌فرنگی از گوجه‌فرنگی‌های نارس و نیمه‌رسیده نشان می‌دهد. آن‌ها گوجه‌فرنگی را تنها بر اساس یک ویژگی رسیدگی، به‌صورت بی‌درنگ بررسی کردند. Omidi و همکاران (۲۰۱۲) گوجه‌فرنگی را بر اساس چهار ویژگی شامل درجه رسیدگی، مقدار عیوب، شکل و اندازه در یک الگوریتم بررسی کردند که میانگین دقت ۹۰/۶۱ ٪ را به‌دست آوردند و دقت برای تک‌تک ویژگی‌ها نیز به‌ترتیب برابر ۹۲، ۸۵، ۹۰/۹۰ و ۹۴/۵۴٪ به‌دست آمد.



شکل ۱۱– زمان پردازش برای هر بخش از برنامه لب ویو

Fig. 11. The processing time for each section of the Lab View program

نتیجه‌گیری

سامانه هیچ بطری سالمی را به اشتباه به‌عنوان بطری معیوب تشخیص نداد. تشخیص‌های نادرست مربوط به عدم‌تشخیص وجود عیب در موارد برچسب بازشده و اتصال ناقص حلقه آب‌بند بود. بنابراین سایر موارد به‌درستی از سوی سامانه تحلیل و تشخیص داده شد. بطری‌های معیوب پس از تشخیص توسط عملگر از خط تولید کنار گذاشته شده و کارایی عملگر مناسب و بی‌نقص بود. زمان موردنیاز جهت پردازش هر بطری با توجه به سرعت نقاله (۲۰ cm s^{-1}) و فاصله بین باطری‌ها (۱۰ cm)، مقدار ۵۰۰ ms به‌دست آمد که با توجه به زمان پردازش (۲۲۰ ms) الگوریتم کلی (هر سه بخش دربف سطح مایع و برچسب) برنامه بسیار مطلوب بوده و ظرفیت عملیاتی سیستم ۷۲۰۰ بطری در ساعت به‌دست آمد. در نهایت عملکرد سیستم با این فرض که عیب در یک طرف بطری باشد تجزیه و تحلیل شد. هرچند تنها ۳ مورد (اتصال ناقص حلقه آب‌بند، برچسب باز شده، برچسب با اتصال ناقص) از ۱۳ مورد عیب مورد بازرسی نیاز به دیده شدن از هر دو سمت دارد و ۱۰ مورد باقی‌مانده تنها با دید از یک طرف به‌طور کامل قابل بازرسی است. موارد عدم تشخیص عیب در بطری‌های معیوب (نمونه با برچسب باز شده، حلقه آب‌بند باز شده) مربوط به عدم کنتراست کافی بین هدف و پس‌زمینه می باشد. در صورت استفاده از دو دوربین، یکی برای بازرسی درب و دیگری برای بازرسی سطح مایع و برچسب میزان دقت و تشخیص عیوب بهبود خواهد یافت. بررسی تاثیر تغییر پس‌زمینه آبجکت از سفید به سایر رنگ‌ها نیز توصیه می‌گردد. واحد پردازنده (رایانه همراه) دو هسته‌ای و دارای رم ۴ گیگ بوده و در صورت استفاده از سیستم با هسته‌های بالاتر این زمان به مراتب کاهش خواهد یافت. با توجه به نتایج حاصل از تحقیق کارایی الگوریتم نوشته شده به‌منظور استفاده عملی در خطوط تولید قابل‌تأمل است (دقت ۹۵/۶٪) و امکان استفاده از آن در صنایع بسته‌بندی مواد مایع در صنایع غذایی، شیمیایی و غیره وجود دارد.

References

1. Abdelhedi, S., K. Taouil, and B. Hadjkacem. 2012. Design of Automatic Vision-based Inspection System for Monitoring in an Olive Oil Bottling Line. International Journal of Computer Applications 51: 39-46.
2. AhmadKhani, S., A. Mahmoodi, K. Mollahzade, and H .Ghafari. 2014. Prediction of peach fruit

firmness using imaging system of laser light scattering. Biosystem Engineering 46: 229-234. (In Farsi).

3. Al Ohali, Y. 2011. Computer vision-based date fruit grading system: Design and implementation. Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences 23: 29-36.
4. Arjenaki, O. O., P. A. Moghaddam, and A. M. Motlagh. 2013. Online tomato sorting based on shape, maturity, size, and surface defects using machine vision. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 37: 62-68.
5. Avendano, J., P. J. Ramos, and F. A. Prieto. 2017. A system for classifying vegetative structures on coffee branches based on videos recorded in the field by a mobile device. Expert Systems with Applications 88: 178-192.
6. Azizi, A., Y. Abbaspour-Gilandeh, M. Nooshyar, and A. Afkari-Sayah. 2016. Identifying Potato Varieties Using Machine Vision and Artificial Neural Networks. International Journal of Food Properties 19: 618-635.
7. Bennedsen, B. S., and D. L. Peterson. 2005. Performance of a System for Apple Surface Defect Identification in Near-infrared Images. Biosystems Engineering 90: 419-431.
8. Blasco, J., S. Cubero, J. Gómez-Sanchís, P. Mira, and E. Moltó. 2009. Development of a machine for the automatic sorting of pomegranate (*Punica granatum*) arils based on computer vision. Journal of Food Engineering 90: 27-34.
9. Duan, F., Y.-N. Wang, H.-J. Liu, and Y.-G. Li. 2007. A machine vision inspector for beer bottle. Engineering Applications of Artificial Intelligence 20: 1013-1021.
10. ElMasry, G., S. Cubero, E. Moltó, and J. Blasco. 2012. In-line sorting of irregular potatoes by using automated computer-based machine vision system. Journal of Food Engineering 112: 60-68.
11. Fehr, B. W., and J. B. Gerrish. 1995. Vision-guided row crop follower. Applied Engineering in Agriculture 11: 613-620.
12. Guyer, D., and X. Yang. 2000. Use of genetic artificial neural networks and spectral imaging for defect detection on cherries. Computers and Electronics in Agriculture 29: 179-194.
13. Islam, M., R. Sahriar, and B. Hossain. 2012. An enhanced automatic surface and structural flaw inspection and categorization using image processing both for flat and textured ceramic tiles. International Journal of Computer Applications 48: 1-10.
14. Jin, J., J. Li, G. Liao, X. Yu, L. Christopher, and C. Viray. 2009. Methodology for Potatoes Defects Detection with Computer Vision. in International Symposium on Information Processing. Huangshan, P. R. China.
15. Jinshi, C., Y. Myongkyoon, S. Daesik, and C. Seong-In. 2017. Machine vision and thermographic imaging for determining of grading of tomato on postharvest. 2017 ASABE Annual International Meeting: 1.
16. Khan, S., T. Mulani, P. Lalge, and N. Shaikh. 2017. An Image Processing Technique for Grading of Harvested Mangoes. International Research Journal of Engineering and Technology 4: 825-828.
17. Kheiralipour, K., and A. Pormah. 2017. Introducing new shape features for classification of cucumber fruit based on image processing technique and artificial neural networks. Journal of Food Process Engineering: DOI: 10.1111/jfpe.12558.
18. KheyrAlipour, K., V. Mohammadi, and M. GhasemiVarnamkhasti. 2014. Persimmon fruit ripening detection using image processing and support vector machine. 9th National Congress of Agricultural Machinery Engineering (Mechanical Biosystems and mechanization). Tehran University. (In Farsi).
19. Kumar, D. P., and K. Kannan. 2010. A roadmap for designing an automated visual inspection system. International Journal of Computer Applications 1: 34-37.
20. Manickavasagan, A., N. K. Al-Mezeini, and H. N. Al-Shekaili. 2014. RGB color imaging technique for grading of dates. Scientia Horticulturae 175: 87-94.
21. Mozina, M., D. Tomaževič, F. Pernuš, and B. Likar. 2009. Real-time image segmentation for visual

inspection of pharmaceutical tablets. Machine Vision and Applications 22: 145-156.

22. Nouri-Ahmadabadi, H., M. Omid, S. S. Mohtasebi, and M. Soltani Firouz. 2017. Design, development and evaluation of an online grading system for peeled pistachios equipped with machine vision technology and support vector machine. Information processing in agriculture: http://dx.doi.org/10.1016/j.inpa.2017.1006.1002.
23. Omidi, A. A., P. ModaresMotlagh, and M. Ahmadi. 2012. Design, construction and evaluation of intelligent grading system of tomato. 9th National Congress of Agricultural Machinery Engineering (Mechanical Biosystems and mechanization). Shiraz University. (In Farsi).
24. Tachwali, Y., Y. Al-Assaf, and A. R. Al-Ali. 2007. Automatic multistage classification system for plastic bottles recycling. Resources, Conservation and Recycling 52 (2): 266-285.
25. Teymori, N., M. Omid, K. MoharamZadeh, and A. Rajabipour. 2015. Almond separation of conjoined and qualitative classification of a combination of image processing techniques and networks ANN. Biosystem Engineering 46: 355-362. (In Farsi).
26. Younes, M. A., S. Darwish, and M. El-Sayed. 2011. Online quality monitoring of perforated steel strips using an automated visual inspection (AVI) system. in IEEE International Conference on Quality and Reliability (ICQR). Bangkok, Thailand
27. Yousefdad, M., A. M. AfkariSayah, M. R. Larijani, and Y. AbbaspourGilande. 2014. Compare kiwi healthy and defective fruits based on color components using image processing techniques. in Advances in engineering and basic science. Tehran. (In Farsi).
28. Zhang, Y., X. Yin, X. Zou, and J. Zhao. 2009. On-line sorting maturity of cherry tomato by machine vision. International Federation for Information Processing 295: 2223-2230.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 9, No. 1, Spring - Summer 2019, p. 123-137

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۸، ص ۱۳۷-۱۲۳

Online Identification of Defect Bottles in Production Line of Soft Drink using Machine Vision

V. Rasooli Sharabiani[1*]- O. Farhangi[1]- E. Taghinezhad[2]
Received: 03-06-2017
Accepted: 06-11-2017

Introduction

Nowadays the packaging of a product is considered as a symbol of its quality and has a direct effect on its consumer-satisfaction and sales. The visual inspection method is much slower and more error-prone than that of automated method which is used for mass production. Also, this method has other problems such as high labor cost, fatigue, low accuracy, and inconsistency due to various environmental conditions such as lighting, or lack of concentration as well as lack of standards and skilled worker. Machine vision has different applications in the industry. In the packaging of liquid such as cooking oils and different beverages (mineral water, soft drinks, fruit juices ...) that liquid can leak out. So, inspecting cap defects, seal ring defects and liquid level are urgent. Also, label placement plays an important role in customer satisfaction. Machine vision can be able to detect these defects; therefor its application will be effective and useful. So, the advantages of machine vision are non-destructive, accurate, and consistent. Researchers have been used the machine vision system for different area including inspection of surface and structural flaw inspection; steel strips and pharmaceutical tablets. Also, machine vision was used for online control of grading and separation of different agricultural products, such as kiwi, pomegranate, dates, cucumber, almonds, potatoes, tomato and peach. The aim of this research was to manufacture and application a system based on machine vision for inspection and classification of defects in bottles on production lines (case study: soft drink). Sample quality was included of three defects: cap defaults, liquid level and label placement.

Materials and Methods

300cc Coca Cola bottles were used as samples for this research. The research was performed to inspect the common defects, including of the cap defaults, liquid level and label placement. In this research, a bottle classification system was designed and developed which it consists of hardware and a software unit. The hardware includes of a conveyor belt, a power system and a power transmission unit, light source, a digital camera, a mechanical ejector and a computer. In this project Lab view 2011 software was used. In this online system, decision was done based on Boolean logic and the defected bottles were separated from the normal ones.
For image acquisition and algorithm design the different steps were followed: Vision acquisition, image processing and programming. Clamp (Rake) function was used for inspection of liquid level. It calculated the maximum distance between the cap and liquid level and its result was compared to the edge strength and threshold level. Inspection of cap defaults and label placement was performed using pattern matching and edge detection algorithm, respectively. The appropriate time of ejector must be calculated to take defective samples out of the production line.

Results and Discussion

Research results were reported at four parts including of cap defects, liquid level and label placement inspection furthermore the combination of all three groups. To find of inspection accuracy, it was repeated 100 times for each default. Accuracy of inspection of the cap, label placement and liquid level were earned as 95, 90 and 100%, respectively. The average accuracy of system was 95.6%. With regard to the conveyor belt’s speed (20cm s^{-1}) and the distance (10cm) between the bottles, the required time to inspect each bottle was 500ms. So, program’s performance was acceptable according to process time of 150-250ms. Finally, the operational capacity of the system was 7200 bottles per hour. These findings were similar to results reported by other

1- Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Moghan College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
(*- Corresponding Author Email: vrasooli@uma.ac.ir)

researchers. They reported the accuracy of 97 and 90.61% for beer bottles inspection and tomatoes separating, respectively.

Conclusions

Average of total accuracy for this system was obtained as 95.6%. It separately was 100, 95 and 92% for inspection of liquid level, cap, and label placement, respectively. The highest and lowest accuracy were for inspection of liquid level and label placement. So, performance of the algorithm was suitable for use on production lines. Also, it will be applicable to liquid packaging in the food industry, chemical industry and so on.

Keywords: Machine vision, Packaging, Production line, Quality control, Soft drink